

Rec'd PCT

08 MAR 2005

PCT/JP 03/13171

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

15.10.03

RECEIVED

04 DEC 2003

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年10月17日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-303628  
[ST. 10/C]: [JP 2002-303628]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社荏原製作所  
株式会社島津製作所

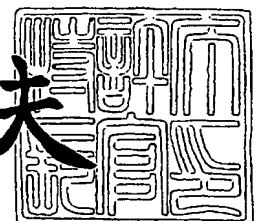
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月20日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 EB2952P

【提出日】 平成14年10月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/06  
G01J 03/52

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
所内

【氏名】 小林 洋一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
所内

【氏名】 中井 俊輔

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所  
内

【氏名】 佃 康郎

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所  
内

【氏名】 石本 潤喜

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所  
内

【氏名】 新屋 和也

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

## 【特許出願人】

【識別番号】 000001993

【氏名又は名称】 株式会社島津製作所

## 【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 研磨状態監視装置及びポリッシング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、

研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、前記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、

前記研磨テーブルの内部に配置され、前記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、

前記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、

前記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、

前記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って前記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、

前記研磨テーブルの回転に同期した所定のタイミングで前記受光素子によるサンプリングを行う制御部と、

前記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータに基づいて、前記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置。

【請求項 2】 前記制御部は、前記研磨テーブルの中心と前記研磨対象物の中心とを結ぶ線上の点がサンプリング点となるように、前記受光素子によるサンプリングのタイミングを制御することを特徴とする請求項 1 に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 3】 前記発光部及び前記受光部は、前記研磨対象物の中心を通過することを特徴とする請求項 2 に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 4】 前記制御部は、前記受光素子によるサンプリングのサンプリング周期を前記研磨テーブルの回転速度に基づいて調整できるように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 5】 光源と、

研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、前記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、

前記研磨テーブルの内部に配置され、前記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、

前記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、

前記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、

前記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って前記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、

前記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータの波長成分に所定の重み係数を乗じる乗算を含む演算により前記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置。

【請求項 6】 前記特性値として、前記スペクトルデータを色度座標値に変換したものをを用いることを特徴とする請求項 5 に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 7】 前記光源は、波長帯域を有する光を発することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 8】 前記光源は、パルス点灯光源であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 9】 前記光源は、少なくとも前記受光素子が前記被研磨面からの反射光を受光している間、連続して点灯する連続点灯光源であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 10】 前記研磨対象物を保持するトップリングと、  
前記研磨対象物を摺接させる研磨面を有する研磨テーブルと、  
請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置と、  
前記研磨テーブルに取付けられ、前記研磨状態監視装置の発光部からの光と前記被研磨面からの反射光を透過させる透光部とを備えたことを特徴とするポリッシング装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、研磨状態監視装置に係り、特に半導体ウェハなどの研磨対象物の被研磨面の特性値を測定して、研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）のタイミングを決定する研磨状態監視装置に関するものである。また、本発明は、かかる研磨状態監視装置を備えたポリッシング装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年の半導体デバイスの高集積化に伴う配線の微細化、及び多層化の要求によって、半導体ウェハの表面の平坦度が要求されている。このため、化学機械研磨（CMP）により半導体ウェハの表面の凹凸を除去してその表面を平坦化することが行われている。

## 【0003】

上記化学機械研磨においては、所定時間の研磨を行った後に所望の位置で研磨を終了する必要がある。例えば、CuやAlなどの金属配線の上部にSiO<sub>2</sub>等の絶縁層（この後の工程で絶縁層の上に更に金属などの層を形成するため、このような絶縁層は層間膜と呼ばれる。）を残したい場合がある。このような場合、研磨を必要以上に行うと下層の金属膜が表面に露出してしまうので、層間膜を所定の膜厚だけ残すように研磨を終了する必要がある。

## 【0004】

また、半導体ウェハ上に予め所定パターンの配線用の溝を形成しておき、その中にCu（銅）又はその合金を充填した後に、表面の不要部分を化学機械研磨（CMP）により除去する場合がある。Cu層をCMPプロセスにより研磨する場合、配線用溝の内部に形成されたCu層のみを残して半導体ウェハからCu層を選択的に除去することが必要とされる。すなわち、配線用の溝部以外の箇所では、（SiO<sub>2</sub>などからなる）絶縁膜が露出するまでCu層を除去することが求められる。

## 【0005】

この場合において、過剰研磨となって、配線用の溝内のCu層を絶縁膜と共に

研磨してしまうと、回路抵抗が上昇し、半導体ウェハ全体を廃棄しなければならず、多大な損害となる。逆に、研磨が不十分で、Cu層が絶縁膜上に残ると、回路の分離がうまくいかず、短絡が起こり、その結果、再研磨が必要となり、製造コストが増大する。

#### 【0006】

このため、光学式センサを用いて反射光強度を測定し、測定された反射光強度に基づいてCMPプロセスの加工終点を検出する研磨状態監視装置が知られている。すなわち、投光素子と受光素子とを備えた光学式センサを設置し、この光学式センサから半導体ウェハの被研磨面に光を照射する。そして、被研磨面における光の反射率の変化を検知して、CMPプロセスの加工終点を検出している。

#### 【0007】

ここで、上述したCMPプロセスにおいて光学的特性を測定する方法としては、以下のようなものが知られている。

(1) 半導体レーザや発光ダイオード(LED)などの単色光源を被研磨面に照射し、その反射強度の変化を検出する。

(2) 白色光を被研磨面に照射し、その分光(比)反射率を予め記録してある研磨終点の分光(比)反射率と比較する。

また、最近では、ウェハの初期膜厚を推定し、レーザ光をウェハに照射して、反射した反射光の反射強度の測定値の時間変化を正弦波のモデル関数で近似して膜厚を算出する研磨状態監視装置も開発されている。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の研磨状態監視装置においては、研磨対象物における各サンプリング点の位置が制御されておらず、研磨テーブルの初期の回転位置や回転加速度、定常時の回転速度、サンプリングの開始時刻などによってサンプリング点が変わってしまうため、ウェハ中央線上やウェハ端部など、ウェハ表面の所望の位置における膜厚等の特性値を測定することができなかった。特に、サンプリング周期が長い場合には、残膜プロファイルを推定するのが難しいという問題があった。

## 【0009】

また、上述したモデル関数を用いて膜厚測定を行う研磨状態監視装置においては、予想初期膜厚と反射強度の測定値の時間変化に基づいて膜厚を算出しているため、研磨中に研磨速度が変わる場合や初期膜厚の推定が困難な場合、あるいは初期膜厚が小さい場合などにおいては、精度のよいモデル関数を求めることができず、膜厚を測定することが困難であった。

## 【0010】

また、サンプリング周期が長く1つのサンプリング点（サンプリング領域）が研磨対象物の表面上の広範囲に亘る場合に、パターンや研磨量の違いによって様々な膜厚を一度に測定することとなり、精度のよいモデル関数を求めることができず、膜厚を測定することが困難であった。

## 【0011】

また、CMPプロセスにおいては、スラリ（研磨液）や気泡、あるいは機械的な振動などの影響により被研磨面からの反射光の強度にバラツキが生じる。すなわち、単色光源を用いた場合には、反射光の強度の変動が直接的に測定誤差の要因となり、白色光を用いた場合には、分光（比）反射率の変動はそのまま誤差要因となり、終点検出の精度が低下してしまう。

## 【0012】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、研磨中の研磨対象物の被研磨面上の膜の状態を精度よく、かつ、安価に測定し、研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）のタイミングを決定することができる研磨状態監視装置及び該研磨状態監視装置を備えたポリッシング装置を提供することを目的とする。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

このような従来技術における問題点を解決するために、本発明の第1の態様は、光源と、研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、上記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、上記研磨テーブルの内部に配置され、上記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、上記受光部によ



り受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、上記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、上記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って上記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、上記研磨テーブルの回転に同期した所定のタイミングで上記受光素子によるサンプリングを行う制御部と、上記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータに基づいて、上記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置である。

#### 【0014】

このような構成により、受光素子によるサンプリングのタイミングを適切に調整することができるので、発光部及び受光部（照射光及び反射光の経路）が研磨対象物の表面を横切る経路上において、測定点を所望の位置に合わせることができる。これにより、研磨テーブルの回転ごとに研磨対象物の表面上の所定の半径位置の特性値を繰り返し測定することができる。また、サンプリング周期を一定とすれば、研磨対象物の表面上において、研磨テーブルの回転ごとの各測定点の半径位置は一定となる。したがって、受光素子に蓄積された電気的情報の読取や計算に時間がかかってサンプリング周期が長くなっても、研磨対象物の表面にある複数の半径位置の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。このように、サンプリング間隔が長くてもよいことから、受光素子としてフォトダイオードアレイなど汎用の受光素子を用いることができ、光学系を安価に構成することができる。

#### 【0015】

また、被研磨面からの反射光を複数の波長に分光することにより、研磨速度の変化や初期膜厚の影響を受けずに、膜厚などの特性値を精度よく求めることができる。また、複数波長の光を用いることによってサンプリング間隔が長くなっても、上述したように、研磨対象物の表面にある複数の半径位置の特定点の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。

## 【0016】

本発明の好ましい一態様は、上記制御部は、上記研磨テーブルの中心と上記研磨対象物の中心とを結ぶ線上の点がサンプリング点となるように、上記受光素子によるサンプリングのタイミングを制御することを特徴としている。

## 【0017】

本発明の好ましい一態様は、上記発光部及び上記受光部は、上記研磨対象物の中心を通過することを特徴としている。このように、受光素子が研磨対象物の中心を通るように構成し、前述のようにサンプリングのタイミングを制御することにより、研磨テーブルが1回転するたびに研磨対象物の中心を定点として必ず測定することができ、研磨対象物上の残膜状況の時間変化をより正確に把握することができる。

## 【0018】

本発明の好ましい一態様は、上記制御部は、上記受光素子によるサンプリングのサンプリング周期を上記研磨テーブルの回転速度に基づいて調整できるように構成されていることを特徴としている。このように、サンプリング周期を研磨テーブルの回転速度に基づいて調整できるので、研磨対象物表面上の所望の半径位置2箇所以上をサンプリング点とすることができる。したがって、ウェハ中心やウェハ端部など特定の点の残膜状況の推移を見ることができ、より精度の高い測定が可能となる。

## 【0019】

本発明の第2の態様は、光源と、研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、上記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、上記研磨テーブルの内部に配置され、上記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、上記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、上記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、上記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って上記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、上記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータの波長成分に所定の重み係数を乗じる乗算を含む演算により上記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出す

る演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置である。

#### 【0020】

このように、スペクトルデータに基づく特性値（指標）を算出することにより、初期膜厚が小さい場合や膜の透光性が小さく干渉信号を発生しない場合などにおいても、算出された特性値に基づいて研磨状態の監視を行うことができる。例えば、サンプリング点に対応する領域の色合いを特性値として数値化して表わすことができ、ある膜の除去など、色合いが変化する変化点を検知することができる。したがって、研磨につれて上層膜が薄くなってスペクトル波形の形状が変わるような場合にも、時々刻々の色合いの変化を測定して、この色合いの特性値に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）を決定することができる。また、特性値を正規化することができるので、スペクトルデータの変動の影響をなくすることができる。

#### 【0021】

本発明の好ましい一態様は、上記特性値として、上記スペクトルデータを色度座標値に変換したものをを用いることを特徴としている。このように、正規化された色度座標値を特性値として用いることにより、スペクトルデータの変動の影響を正規化の効果によりなくすことができる。したがって、測定系の不安定さに起因するスペクトルデータの変動の影響をなくすることができる。

#### 【0022】

本発明の好ましい一態様は、上記光源は、波長帯域を有する光を発することを特徴としている。このように、光源として白色光をはじめとする波長帯域の広い光を用いて反射光を分光し、反射スペクトルを得ることで、半導体レーザやLED等の単色光源を使用した場合のように各時点において過去の計測値に左右されることなく膜厚を算出することができる。したがって、研磨速度の変化や初期膜厚の影響を受けずに、膜厚などの特性値を精度よく求めることができる。

#### 【0023】

本発明の好ましい一態様は、上記光源は、パルス点灯光源であることを特徴としている。このように、光源としてパルス点灯光源を用いることにより、各サンプリング点に対応する被計測面の範囲を狭くすることができるので、研磨パター

ンや研磨量の違いなどの影響を受けにくくなり、特性値をより精度よく算出することができる。

#### 【0024】

本発明の好ましい一態様は、上記光源は、少なくとも上記受光素子が上記被研磨面からの反射光を受光している間、連続して点灯する連続点灯光源であることを特徴としている。このように、連続点灯光源を光源として用いることにより、受光素子が研磨対象物の被計測面上を走査する間の一定区間の反射光を平均化して取り込むことができるため、その区間の色合いの変化を大まかに捉えることができ、高周波の変動が少ない時間変化波形を得ることができる。

#### 【0025】

本発明の第3の態様は、上記研磨対象物を保持するトップリングと、上記研磨対象物を摺接させる研磨面を有する研磨テーブルと、上述した研磨状態監視装置と、上記研磨テーブルに取付けられ、上記研磨状態監視装置の発光部からの光と上記被研磨面からの反射光を透過させる透光部とを備えたことを特徴とするポリッシング装置である。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るポリッシング装置の実施形態について図1乃至図11を参照して詳細に説明する。なお、図1乃至図11において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

#### 【0027】

図1は、本発明に係るポリッシング装置の全体構成を示す模式図である。図1に示すように、本実施形態におけるポリッシング装置は、上面に研磨布10が貼設された研磨テーブル12と、研磨対象物である半導体ウェハWを保持して研磨布10の上面に押圧するトップリング14とを備えている。研磨布10の上面は、研磨対象物である半導体ウェハWと摺接する研磨面を構成している。なお、微細な砥粒（CeO<sub>2</sub>等からなる）を樹脂等のバインダで固めた固定砥粒板の上面を研磨面として構成することもできる。

#### 【0028】

研磨テーブル 12 は、その下方に配置されるモータ（図示せず）に連結されており、矢印で示すようにその軸心回りに回転可能になっている。また、研磨テーブル 12 の上方には研磨液供給ノズル 16 が設置されており、この研磨液供給ノズル 16 から研磨布 10 上に研磨液 Q が供給されるようになっている。

#### 【0029】

トップリング 14 は、トップリングシャフト 18 に連結されており、このトップリングシャフト 18 を介してモータ及び昇降シリンダ（図示せず）に連結されている。これにより、トップリング 14 は矢印で示すように昇降可能かつトップリングシャフト 18 回りに回転可能となっている。このトップリング 14 の下面には、研磨対象物である半導体ウェハ W が真空等によって吸着、保持される。このような構成により、トップリング 14 は自転しながら、その下面に保持した半導体ウェハ W を研磨布 10 に対して任意の圧力で押圧することができるようになっている。

#### 【0030】

上述の構成のポリッシング装置において、トップリング 14 の下面に保持された半導体ウェハ W は、回転している研磨テーブル 12 の上面の研磨布 10 に押圧される。このとき、研磨液供給ノズル 16 から研磨布 10 上に研磨液 Q を供給する。これによって、半導体ウェハ W の被研磨面（下面）と研磨布 10 の間に研磨液 Q が存在した状態でポリッシングが行われる。

#### 【0031】

ここで、本実施形態における研磨テーブル 12 の内部には、研磨中に、半導体ウェハ W の被研磨面に形成された絶縁膜や金属膜の膜厚や色合いなどの特性値を測定し、研磨状態を監視する研磨状態監視装置 20 が埋設されている。この研磨状態監視装置 20 は、研磨中のウェハ W の被研磨面の研磨状況（残っている膜の厚みや状態など）をリアルタイムで連続的に監視するものである。また、研磨布 10 には、研磨状態監視装置 20 からの光を透過させるための透光部 22 が取付けられている。この透光部 22 は、透過率の高い材質で形成されており、例えば、無発泡ポリウレタンなどにより形成される。あるいは、研磨布 10 に貫通孔を設け、この貫通孔が半導体ウェハ W に塞がれる間下方から透明液を流すことによ

り、透光部 22 を構成してもよい。透光部 22 は、トップリング 14 に保持された半導体ウェハ W の被研磨面を通過する位置であれば、研磨テーブル 12 の任意の位置に配置することができるが、半導体ウェハ W の中心を通過する位置に配置することが好ましい。

#### 【0032】

研磨状態監視装置 20 は、図 1 に示すように、光源 30 と、光源 30 からの光を半導体ウェハ W の被研磨面に照射する発光部としての発光光ファイバ 32 と、被研磨面からの反射光を受光する受光部としての受光光ファイバ 34 と、受光光ファイバ 34 により受光された光を分光する分光器とこの分光器により分光された光を電気的情報として蓄積する複数の受光素子とを内部に有する分光器ユニット 36 と、光源 30 の点灯及び消灯や分光器ユニット 36 内の受光素子の読取開始のタイミングなどの制御を行う制御部 40 と、制御部 40 に電力を供給する電源 42 とを備えている。なお、光源 30 及び分光器ユニット 36 には、制御部 40 を介して電力が供給される。

#### 【0033】

発光光ファイバ 32 の発光端と受光光ファイバ 34 の受光端は、半導体ウェハ W の被研磨面に対して略垂直になるように構成されている。また、発光光ファイバ 32 及び受光光ファイバ 34 は、研磨布 10 を交換するときの作業性や受光光ファイバ 34 による受光量を考慮して、研磨テーブル 12 表面の研磨面よりも上方に突出しないように配置されている。また、分光器ユニット 36 内の受光素子としては、例えば 512 素子のフォトダイオードアレイを用いることができる。

#### 【0034】

分光器ユニット 36 は、ケーブル 44 を介して制御部 40 に接続されている。分光器ユニット 36 内の受光素子からの情報は、ケーブル 44 を介して制御部 40 に送られ、この情報に基づいて反射光のスペクトルデータが生成される。すなわち、本実施形態における制御部 40 は、受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部を構成している。制御部 40 からのケーブル 46 は、研磨テーブル 12 内を通り、例えばパーソナルコンピュータからなる演算部 48 に接続されている。制御部 40 のス

ベクトルデータ生成部で生成されたスペクトルデータは、ケーブル 4 6 を介して演算部 4 8 に送信される。

#### 【0 0 3 5】

演算部 4 8 では、制御部 4 0 から受信したスペクトルデータに基づいて、膜厚や色合いなどのウェハ W の被研磨面の特性値を算出する。また、演算部 4 8 は、ポリッシング装置を制御するコントローラ（図示せず）から研磨条件に関する情報を受信する機能や、算出された特性値の時間変化に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）のタイミングを決定してポリッシング装置のコントローラに指令を行う機能も有している。

#### 【0 0 3 6】

また、図 1 に示すように、研磨テーブル 1 2 の外周部の下面には近接センサ 5 0 が取付けられており、この近接センサ 5 0 に対応して研磨テーブル 1 2 の外方にドグ 5 2 が設置されている。近接センサ 5 0 は、研磨テーブル 1 2 が 1 回転するたびにドグ 5 2 を検知し、研磨テーブル 1 2 の回転角度を検知できるようになっている。

#### 【0 0 3 7】

光源 3 0 としては、白色光をはじめとする波長帯域を有する光を照射する光源を用いる。例えばキセノンランプなどのパルス点灯光源を光源 3 0 として用いることができる。光源 3 0 としてパルス点灯光源を用いた場合、研磨中に各計測点で光源 3 0 がトリガ信号によりパルス点灯される。また、タングステンランプなどを光源 3 0 として用い、少なくとも発光光ファイバ 3 2 の発光端と受光光ファイバ 3 4 の受光端とがウェハ W の被研磨面に対向している間、連続して点灯させてもよい。

#### 【0 0 3 8】

光源 3 0 からの光は、発光光ファイバ 3 2 の発光端から透光部 2 2 を通ってウェハ W の被研磨面に照射される。この光は、半導体ウェハ W の被研磨面で反射し、透光部 2 2 を通って研磨状態監視装置の受光光ファイバ 3 4 で受光される。受光光ファイバ 3 4 で受光された光は、分光器ユニット 3 6 内の分光器に送られ、ここで複数の波長成分に分光される。複数の波長成分に分光された光は、それぞ

れの波長に対応する受光素子に照射され、照射された光の光量に応じて受光素子に電荷が蓄積される。各受光素子に蓄積された電気的情報は、所定のタイミングで読み取られ（解放され）、デジタル信号に変換される。このデジタル信号は、制御部 40 のスペクトルデータ生成部に送られ、ここで各計測点に対応するスペクトルデータが生成される。

#### 【0039】

次に、分光器ユニット 36 内の受光素子の動作について説明する。図 2 及び図 3 は、分光器ユニット 36 内に  $N$  個の受光素子  $60-1 \sim 60-N$  がある場合の各受光素子の動作を示す模式図である。図 2 はパルス点灯光源を用いた場合、図 3 は連続点灯光源を用いた場合を示している。図 2 及び図 3 において、横軸は時間を示しており、各受光素子に対応するグラフの立ち上がり部分は受光素子に電気的情報が蓄積されたことを示し、落ち込み部分は受光素子の電気的情報が読み取られた（解放された）ことを示している。図 2 において、黒丸（●）はパルス点灯光源が点灯される時点を示している。

#### 【0040】

1 回のサンプリングにおいて、各受光素子  $60-1 \sim 60-N$  は順次切り替えて読取（解放）が行われる。上述したように、各受光素子  $60-1 \sim 60-N$  には、対応する波長成分の光の光量が電気的情報として蓄積され、位相差を持ってサンプリング周期  $T$  で読取（解放）が繰り返される。このサンプリング周期  $T$  は、受光素子  $60-1 \sim 60-N$  に十分な光量が電気的情報として蓄積され、かつ、受光素子  $60-1 \sim 60-N$  から読み取られたデータを実時間で十分処理できる範囲内で、小さ目に設定する。受光素子として 512 素子のフォトダイオードアレイを用いる場合には、サンプリング周期  $T$  は 10 ミリ秒のオーダーとなる。図 2 及び図 3 においては、1 番目の受光素子  $60-1$  の読取から最終の受光素子  $60-N$  の読取までの時間が  $S$  となっている。ここで、 $S < T$  である。図 2 の場合には、パルス点灯光源が点灯した時点（図 2 において●印で示す）をサンプリング時刻とし、図 3 の場合には、1 番目の受光素子  $60-1$  の読取が行われ、新たな蓄積が開始されてから、最終の受光素子  $60-N$  の読取が行われるまでの時間の半分の時点（図 3 において×印で示す）を、対応する計測領域を代表するサン



プリング時刻とする。また、このサンプリング時刻において透光部 22 に対向するウェハ W 上の点をサンプリング点という。

#### 【0041】

図 2 においては、光源 30 が瞬間的に点灯する間（数マイクロ秒程度）、すべての受光素子 60-1 ~ 60-N が光を蓄積する。最終の受光素子 60-N が読取（解放）を行ってから光源 30 を点灯するまでの時間を Q とするとき、次に 1 番目の受光素子 60-1 が読取（解放）を行う前に光源 30 を点灯するものとするれば、 $0 < Q < T - S$  となる。Q はこの不等式に示される範囲にある任意の値をとることができるが、以下では、 $Q = (T - S) / 2$  であるとして説明する。1 番目の受光素子 60-1 の読取が行われ次の蓄積が開始されるのは、サンプリング時刻より、 $S + Q$ 、すなわち  $(T + S) / 2$  だけ早いタイミングである。また、図 3 においても、1 番目の受光素子 60-1 の読取りが行われるのは、サンプリング時刻より、 $(T + S) / 2$  だけ早いタイミングである。なお、図 3 に示す連続点灯光源の場合には、受光素子 60-1 ~ 60-N の蓄積開始・読取の時点が素子により異なっているため、波長成分によって実際の計測領域が若干異なっている。

#### 【0042】

次に、研磨状態監視装置 20 によるサンプリングのタイミングを決定する方法について説明する。まず、パルス点灯光源を用いた場合のサンプリングのタイミングを決定する方法について説明する。図 4 は、研磨状態監視装置 20 によるサンプリングのタイミングを説明するための図である。研磨テーブル 12 が 1 回転するたびに、研磨テーブル 12 の外周部に設けられた近接センサ 50 が近接センサ作動の基準位置となるドグ 52 を検知する。すなわち、図 4 に示すように、研磨テーブル 12 の回転中心  $C_T$  とウェハ W の中心  $C_W$  とを結ぶ線  $L_{T-W}$ （以下、ウェハ中央線という）から研磨テーブル 12 の反回転方向に回転角度を定義した場合に、回転角度  $\theta$  で近接センサ 50 がドグ 52 を検知する。なお、ウェハ W の中心  $C_W$  は、例えばトップリング 14 の位置制御を行うことによって特定される。

#### 【0043】

ここで、図4に示すように、研磨テーブル12の中心 $C_T$ と透光部22の中心 $C_L$ との間の水平距離を $L$ 、研磨テーブル12の中心 $C_T$ とウェハWの中心 $C_W$ との間の水平距離を $M$ 、ウェハWの被研磨面からエッジカット部を除いたウェハWの被計測面の半径を $R$ 、透光部22がこの被計測面を走査する角度を $2\alpha$ とすると、余弦定理から以下の式(1)が成立し、角度 $\alpha$ を求めることができる。

【0044】

【数1】

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{L^2 + M^2 - R^2}{2LM} \right) \quad \dots(1)$$

【0045】

本実施形態では、透光部22が通過するウェハ中央線 $L_T-W$ 上の点Pを必ずサンプリング点とするように、サンプリングのタイミングを調整している。ウェハ中央線 $L_T-W$ から片側にあるサンプリング点の数を $n$ （整数）とすると、透光部22がウェハWの被計測面を走査する間の全サンプリング点の数は、ウェハ中央線 $L_T-W$ 上のサンプリング点Pを含めて $2n+1$ となる。

【0046】

ウェハWの外側にはトップリング14の外周部が背景光を遮るように配置されているとすれば、最初のサンプリング時刻において透光部22がウェハWの被計測面内に存在するための条件は、 $\omega_T$ を研磨テーブル12の角速度として、以下の不等式(2)で表すことができる。したがって、この不等式(2)から、この条件を満たす整数 $n$ を求めることができる。

【0047】

【数 2】

$$\alpha - \omega_T T \leq n\omega_T T < \alpha$$

すなわち

$$\frac{\alpha}{\omega_T T} - 1 \leq n < \frac{\alpha}{\omega_T T} \quad \dots (2)$$

【0048】

ここで、透光部 22 と近接センサ 50 とが研磨テーブル 12 の中心 C<sub>T</sub> に対して同一角度に位置しているものとすれば、研磨テーブル 12 が 1 回転するときに、近接センサ 50 がドグ 52 を検知してから 1 回目のサンプリングにおける 1 番目の受光素子 60-1 の蓄積が開始されるまでの時間 t<sub>S</sub>、すなわちサンプリング開始時刻 t<sub>S</sub> は、以下の式 (3) により求めることができる。

【0049】

【数 3】

$$\begin{aligned} t_S &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left( nT + \frac{T+S}{2} \right) \\ &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left( n + \frac{1}{2} \right) T - \frac{S}{2} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

【0050】

ここで、透光部 22 がウェハ W の被研磨面の外側にある間に受光素子に蓄積された光量を確実にクリアするために、1 回目のサンプリングを読み捨てることとしてもよい。この場合のサンプリング開始時刻 t<sub>S</sub> は、以下の式 (4) により求めることができる。

【0051】

【数 4】

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left( nT + \frac{T+S}{2} + T \right) \\ &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left( n + \frac{3}{2} \right) T - \frac{S}{2} \quad \dots(4) \end{aligned}$$

【0052】

研磨状態監視装置 20 は、このようにして求められたサンプリング開始時刻  $t_s$  に基づいてサンプリングを開始する。すなわち、制御部 40 は、近接センサ 50 がドグ 52 を検知してから  $t_s$  経過後に光源 30 のパルス点灯を開始し、その後サンプリング周期  $T$  ごとにサンプリングを繰り返すように、分光器ユニット 36 内の受光素子の動作タイミングを制御する。これにより、各サンプリング点における反射スペクトルデータが制御部 40 のスペクトルデータ生成部により生成され、これが演算部 48 に送られる。演算部 48 では、このスペクトルデータに基づいてウェハ  $W$  の被研磨面の特性値、例えば膜厚が求められる。

【0053】

本実施形態では、透光部 22 が通過するウェハ中央線  $L_T-W$  上の点  $P$  を必ずサンプリング点とするようにしているので、研磨テーブル 12 が 1 回転するたびに研磨対象物表面上の所定の半径位置の特性値を繰り返し測定することができる。また、サンプリング周期を一定とすれば、研磨対象物の表面上において、研磨テーブル 12 の回転ごとの各測定点の半径位置は一定となる。したがって、不特定の位置の特性値を測定する場合に比べて、ウェハ  $W$  上の残膜の状況を把握する上でより効果的である。特に、透光部 22 がウェハ  $W$  の中心  $C_W$  を通るように構成されている場合には、研磨テーブル 12 が 1 回転するたびにウェハ  $W$  の中心  $C_W$  を定点として必ず測定することになり、ウェハ  $W$  上の残膜状況の時間変化をより正確に把握することができる。

【0054】

一方、連続点灯光源の場合は、上述したように、受光素子の蓄積が連続して行われ、かつ受光素子によって開始時点が異なるため、 $n$  の求め方がパルス点灯光

源の場合と異なっている。すなわち、1番目の受光素子60-1の蓄積開始の時点で、透光部22がウェハWの被計測面内に存在する必要がある。したがって、nに関する不等式は以下ようになる。

【0055】

【数5】

$$\alpha - \omega_T T \leq n \omega_T T + \omega_T \frac{T+S}{2} < \alpha$$

すなわち

$$\frac{\left(\frac{\alpha}{\omega_T} - \frac{S}{2}\right)}{T} - \frac{3}{2} \leq n < \frac{\left(\frac{\alpha}{\omega_T} - \frac{S}{2}\right)}{T} - \frac{1}{2} \quad \dots(5)$$

【0056】

この不等式(5)から、n(整数)を求め、上記式(3)又は式(4)に基づいてサンプリング開始時刻 $t_S$ を求めることができる。そして、研磨状態監視装置20は、パルス点灯光源の場合と同様に、求められたサンプリング開始時刻 $t_S$ に基づいてサンプリングを開始し、各サンプリング点におけるスペクトルデータからウェハWの被研磨面の特性値、例えば膜厚を求める。なお、上述の例では、パルス点灯光源の点灯のタイミングや透光部22と近接センサ50との位置関係に一定の条件を設定して説明したが、これらの条件を外しても同様にnと $t_S$ を求めることができる。

【0057】

次に、各サンプリング点におけるスペクトルデータから特性値としての膜厚を算出する方法について説明する。本実施形態においては、得られたスペクトルの波数(単位長さ当りの波の数)を横軸に、光の強度を縦軸にとってスペクトルデータを表わすとき、1つの膜厚に対するスペクトルの周期(ピーク間の波数)が膜厚に比例することを利用して膜厚を算出する。

【0058】

例えば、得られたスペクトルデータが図5に示すような波形であった場合を想定する。図5に示すスペクトル波形からは、以下のようなことが把握できる。

- (1) 一定周期の干渉波パターンが存在する。
- (2) オフセットが存在する。
- (3) 右上がりにほぼ線形のドリフトが存在する。
- (4) 干渉効率のため、波数が大きいほど干渉波の振幅が小さくなる。

【0 0 5 9】

これらの点を考慮すると、干渉波の周期  $\omega$  が既知であれば、スペクトル波形は、以下の関数  $f(x)$  で近似できると予測される。

【0 0 6 0】

【数 6】

$$f(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 \left( \frac{1}{x} \right) \sin(\omega x + \delta) \quad \cdots (6)$$

【0 0 6 1】

この式 (6) において、右辺の第 1 項はスペクトル波形のオフセットを反映し、第 2 項はスペクトル波形のドリフトを反映し、第 3 項は波形状の周期性波形を反映している。更に詳しく言えば、第 3 項の中の  $(1/x)$  の部分は波数増加に伴う振幅の減少を反映し、 $\delta$  は特に膜厚が大きい場合に顕著になる位相ずれを反映している。

【0 0 6 2】

ここで、加法定理より、以下の式 (7) が成立する。

【0 0 6 3】

【数 7】

$$\sin(\omega x + \delta) = \sin \omega x \cdot \cos \delta + \cos \omega x \cdot \sin \delta \quad \cdots (7)$$

【0 0 6 4】

したがって、上記式 (6) は以下のように変形することができる。

【0 0 6 5】

【数 8】

$$f(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 \left( \frac{1}{x} \right) \sin \omega x + \alpha_3 \left( \frac{1}{x} \right) \cos \omega x \quad \cdots (8)$$

## 【0066】

ここで、 $f_0(x) = 1$ ,  $f_1(x) = x$ ,  $f_2(x) = (1/x) \sin \omega x$ ,  $f_3(x) = (1/x) \cos \omega x$ と定義すれば、測定スペクトルは、これら4つの関数の線形和として、以下の式(9)に示す関数  $f(x)$  で近似することができる。

## 【0067】

## 【数9】

$$f(x) = \alpha_0 f_0(x) + \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \alpha_3 f_3(x) \quad \cdots (9)$$

## 【0068】

このような近似関数  $f(x)$  が、測定スペクトルに対して最適に近似された状態では、両者の二乗誤差が最小となる。そこで、ある膜厚を想定した近似関数  $f(x)$  を定義し、この近似関数  $f(x)$  と測定スペクトルとの二乗誤差が最小になるように関数  $f(x)$  の係数  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  を求め、このときの最小二乗誤差を求める。この計算を膜厚を変化させて行い、横軸に膜厚値、縦軸に最小二乗誤差をとってグラフを描くと、図6に示すようなグラフとなる。図6に示すように、グラフ中には、最小二乗誤差の極小点（ピークトップ）が現れ、このときの近似関数  $f(x)$  が測定スペクトルに最も近い形状であるといえる。したがって、このときの近似関数  $f(x)$  に対応する膜厚（図6における膜厚  $d$ ）を、求めるべき膜厚として算出する。

## 【0069】

ここで、測定時に、研磨テーブル12と透光部22はウェハWの被研磨面上を移動するが、研磨テーブル12又はトップリング14の回転速度やサンプリング周期  $T$  が大きいと、1つのサンプリング点当たりの走査範囲が大きくなる。したがって、パターンや研磨レートがウェハWの被研磨面上の位置によって異なる場合に、光源30を連続点灯すると、1つのサンプリング点について様々な膜厚を一度に測定することになる。これにより、明確な干渉スペクトルが得られず、その結果、図6に示すような明確なピークトップが現れなくなってしまうことが考えられる。この観点からは、光源30として、数マイクロ秒の間点灯するパルス

点灯光源を用いることが好ましい。この場合には、図7に示すように、ウェハWの被研磨面上の不連続の小さなスポットPS<sub>1</sub>を計測点として計測することができ、各計測点の膜厚を精度よく測定することができる。

#### 【0070】

上述の例では、特性値として膜厚を算出する例を説明したが、算出する特性値は膜厚に限られるものではない。例えば、銅膜を除去すると赤い光沢を持った色が消えるなど、研磨対象物の材質によっては、上層膜が除去されると色合いが大きく変わることがある。したがって、被研磨面の色合いの変化を被研磨面の状態を把握するための指標として用いることができる。以下、上述した特性に着目して、各サンプリング点におけるスペクトルデータから特性値としての色合いを算出する方法について説明する。

#### 【0071】

まず、図8に示すように、研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）の前後のスペクトルデータ  $g_1(\lambda)$  ,  $g_2(\lambda)$  を比較し、変化の大きい波長領域に対して大きな値を有する重み関数  $w(\lambda)$  を予め定義しておく。そして、各波長  $\lambda$  の反射光のスペクトルデータの測定値  $\rho(\lambda)$  に重み関数  $w(\lambda)$  を乗じて積算したものを特性値  $X$  とする。すなわち、特性値  $X$  を以下の式(10)により定義する。

#### 【0072】

【数10】

$$X = \sum_{\lambda} w(\lambda) \rho(\lambda) \Delta\lambda \quad \dots(10)$$

#### 【0073】

この場合において、複数の重み関数  $w_i(\lambda)$  ( $i=1, 2, \dots$ ) を定義して、例えば、以下の式(11)により特性値  $X_i$  を定義してもよい。

#### 【0074】



【数 1 1】

$$X_i = \frac{\sum_{\lambda} w_i(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_i \sum_{\lambda} w_i(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda} \quad \dots(11)$$

【0075】

このような方法によれば、研磨につれて上層膜が薄くなってスペクトル波形の形状が変わるような場合にも、時々刻々の色合いの変化を測定して、この色合いの特性値に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）を決定することができる。

【0076】

なお、上記式（10）において、重み関数  $w(\lambda)$  を、 $w(\lambda_0) = 1$ 、 $w(\lambda) = 0$  ( $\lambda \neq \lambda_0$ )、 $\Delta \lambda = 1$  と定義した場合、波長  $\lambda_0$  のスペクトル値を表す特性値  $X$  を得ることができる。また、重み関数  $w(\lambda)$  を、 $w(\lambda_1) = 1$ 、 $w(\lambda_2) = -1$ 、 $w(\lambda) = 0$  ( $\lambda \neq \lambda_1, \lambda_2$ )、 $\Delta \lambda = 1 / (\lambda_1 - \lambda_2)$  と定義すれば、スペクトルグラフ上で波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の点を結ぶ直線の傾きを表す特性値  $X$  を得ることができる。ここで、スペクトルの測定値  $\rho(\lambda)$  は、予め各波長の近傍で平均化して、ノイズの影響を軽減しておいてもよい。

【0077】

なお、測定スペクトルデータ  $\rho(\lambda)$  は、各波長の反射光量のスペクトルであってもよいし、基準反射板のスペクトルや、あるいは、測定開始直後のスペクトルで正規化した相対反射率であってもよい。

【0078】

また、上記重み関数  $w(\lambda)$  を JIS-Z-8701 に適合するように定義してもよい。すなわち、スペクトルデータ（分光比反射率）を色度座標値（ $x$ ,  $y$ ）に変換したものを特性値として用いることもできる。以下、スペクトルデータを色度座標値（ $x$ ,  $y$ ）に変換して特性値として用いる方法について説明する。反射物体の色の 3 刺激値  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  は、以下の式（12）～（14）で計算される。

【 0 0 7 9 】

【数 1 2】

$$X = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \quad \dots(12)$$

$$Y = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \quad \dots(13)$$

$$Z = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \quad \dots(14)$$

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ : 2 度視野 X Y Z 系に基づく等色関数

【 0 0 8 0 】

ここで、 $\lambda$  は波長、 $P(\lambda)$  は想定する光源の分光分布、 $k$  は刺激値  $Y$  の値を測光量に等しくするために定められた係数、 $\rho(\lambda)$  は計測スペクトル分布である。この計測スペクトル分布  $\rho(\lambda)$  は、例えば以下の式 (15) のように定義することができる。

【 0 0 8 1 】

【数 1 3】

$$\rho(\lambda) = \frac{\rho_M(\lambda)}{\rho_B(\lambda)} \quad \dots(15)$$

【 0 0 8 2 】

ここで、 $\rho_M(\lambda)$  は測定スペクトル分布、 $\rho_B(\lambda)$  はベアシリコンにおける反射スペクトル分布である。

【 0 0 8 3 】

これらの刺激値  $X, Y, Z$  からそれぞれの  $X, Y, Z$  成分の割合  $x, y, z$  を以下の式 (16) ~ (18) を用いて求める。

【 0 0 8 4 】

【数 14】

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad \dots(16)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad \dots(17)$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad \dots(18)$$

【0085】

このようにして求められた  $x$ ,  $y$ ,  $z$  は色度座標と呼ばれている。 $x$ ,  $y$ ,  $z$  のうち独立なものは2つだけであるので、通常は  $x$  と  $y$  の組み合わせを用いて色度座標値 ( $x$ ,  $y$ ) とする。

【0086】

このように、スペクトルデータを色度座標値 ( $x$ ,  $y$ ) に変換して、この色度座標値 ( $x$ ,  $y$ ) のいずれか一方又は双方に基づいて研磨終点 (研磨停止又は研磨条件の変更) を決定することができる。この色度座標値は、式 (11) の特別な場合とみなすことができる。この色度座標値は、式 (11) の場合と同様、式 (16) ~ (18) に示されるように、正規化されたものであるので、分光比反射率の変動の影響を正規化の効果によりなくすことができる。このように、色度座標値を特性値として用いることで、測定系の不安定さに起因する分光比反射率の変動の影響をなくすことができる。

【0087】

また、式 (12) ~ (14) 中の等色関数や光源 30 の分光分布をパラメータとして設定することで、研磨による分光比反射率の変化に対して、より反射率の変化の多い波長領域の重み付けをウェハごとに最適化することができる。これにより、より精度よく被研磨面の状態を測定することができる。

【0088】

上述した方法により求めた特性値 (色合い) の時間変化を考えると、光源 3

0としてパルス点灯光源を用いると、ウェハW上の計測点に対応するパターンの違いによって色合いが変化し、特性値の時間変化が高周波で変動することがある。このような場合には、特性値の時間変化の大まかな傾向を把握するのが難しい。また、高周波の変動を抑えるために移動平均等の平滑化を行ったのでは位相遅れが生じ、研磨終点の検出も遅れてしまう。

#### 【0089】

そこで、このような高周波の変動を抑止するために、光源30として連続点灯光源を用いることが好ましい。図9は、光源30として連続点灯光源を用いた場合のサンプリング点 $PS_2$ と対応する測定領域Xの関係を示すものである。図9に示すように、各サンプリング点 $PS_2$ の前後の反射光は、各受光素子に順次蓄積されて物理的に平均化される。したがって、パターンの影響によるバラツキが軽減され、上述した高周波の変動を低減することができる。

#### 【0090】

ここで、ウェハWの被研磨面の残膜状況の測定する場合には、ウェハ中心やウェハ端部など、特定の点の残膜状況の推移を見ることが重要である。しかしながら、サンプリング周期を固定して測定したのでは、研磨テーブル12の回転速度に応じて、透光部22がウェハWの被研磨面を走査する線上におけるサンプリング点の位置が固定されてしまう。例えば、ウェハ端部は測定することができない。そこで、本実施形態では、サンプリング周期、すなわち受光素子の蓄積時間を研磨テーブル12の回転速度などに基づいて調整できるようになっている。

#### 【0091】

図10は、研磨テーブル12の回転速度などに基づいてサンプリング周期を調整する工程を示すフロー図である。まず、条件として、図11に示すように、サンプリング点としたい所望の点 $P_V$ の半径 $R_V$ 、研磨テーブル12の回転中心 $C_T$ とウェハWの回転中心 $C_W$ との間の水平距離 $M$ 、研磨テーブル12の回転中心 $C_T$ と透光部22の中心 $C_L$ との間の水平距離 $L$ 、研磨テーブルの回転角速度 $\omega_T$ 、最小サンプリング周期 $T$ を入力する（ステップ1）。これらの条件は、演算部48としてのパーソナルコンピュータのキーボードからオペレータが入力されるものであってもよいし、予め記憶装置に記憶貯えられたものであってもよく、

あるいはポリッシング装置のコントローラから送信されるものであってもよい。

【0092】

次に、点P<sub>V</sub>が、研磨テーブル12の中心C<sub>T</sub>を基準にしてウェハ中央線C<sub>T</sub>—Wに対してなす角度 $\alpha_V$ を上述した式(1)に準じて求める(ステップ2)。そして、点P<sub>V</sub>からウェハ中央線C<sub>T</sub>—Wに達する前までのサンプリング点の数n<sub>V</sub>を不等式(2)に準じて求める(ステップ3)。ここで、光源30が連続点灯光源であっても、点P<sub>V</sub>がウェハWの被計測面の十分内側にある場合には、パルス点灯光源に関する不等式(2)に従う。次に、これら算出された角度 $\alpha_V$ とサンプリング点の数n<sub>V</sub>とに基づいて、以下の式(19)によりサンプリング周期T<sub>V</sub>を算出する(ステップ4)。

【0093】

【数15】

$$T_V = \frac{\alpha_V}{n_V \omega_T} \quad \dots(19)$$

【0094】

このようにして求められたサンプリング周期T<sub>V</sub>によれば、所望の半径R<sub>V</sub>にある点P<sub>V</sub>の測定を行うことができる。したがって、条件として入力する所望の半径R<sub>V</sub>を調整することにより、図11に示すように、ウェハ中央線C<sub>T</sub>—W上の点に加えて、ウェハ端部などの所望の半径位置をサンプリング点とすることができる。

【0095】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【0096】

【発明の効果】

上述したように、本発明によれば、受光素子によるサンプリングのタイミングを適切に調整することができるので、発光部及び受光部(照射光及び反射光の経

路) が研磨対象物の表面を横切る経路上において、測定点を所望の位置に合わせることができる。これにより、研磨テーブルの回転ごとに研磨対象物の表面上の所定の半径位置の特性値を繰り返し測定することができる。また、サンプリング周期を一定とすれば、研磨対象物の表面上において、研磨テーブルの回転ごとの各測定点の半径位置は一定となる。したがって、受光素子に蓄積された電気的情報の読取や計算に時間がかかってサンプリング周期が長くなっても、研磨対象物の表面にある複数の半径位置の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。このように、サンプリング間隔が長くてもよいことから、受光素子としてフォトダイオードアレイなど汎用の受光素子を用いることができ、光学系を安価に構成することができる。

#### 【0 0 9 7】

また、被研磨面からの反射光を複数の波長に分光することにより、研磨速度の変化や初期膜厚の影響を受けずに、膜厚などの特性値を精度よく求めることができる。また、複数波長の光を用いることによってサンプリング間隔が長くなっても、上述したように、研磨対象物の表面にある複数の特定点の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。

#### 【0 0 9 8】

本発明によれば、スペクトルデータに基づく特性値（指標）を算出することにより、初期膜厚が小さい場合や膜の透光性が小さく干渉信号を発生しない場合などにおいても、算出された特性値に基づいて研磨状態の監視を行うことができる。例えば、サンプリング点に対応する領域の色合いを特性値として数値化して表わすことができ、ある膜の除去など、色合いが変化する変化点を検知することができる。したがって、研磨につれて上層膜が薄くなってスペクトル波形の形状が変わるような場合にも、時々刻々の色合いの変化を測定して、この色合いの特性値に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）を決定することができる。また、特性値を正規化することができるので、スペクトルデータの変動の影響をなくすことができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の一実施形態におけるポリッシング装置の全体構成を示す模式図である。

**【図 2】**

図 1 に示す研磨状態監視装置においてパルス点灯光源を用いた場合の分光器ユニット内の受光素子の動作を示す模式図である。

**【図 3】**

図 1 に示す研磨状態監視装置において連続点灯光源を用いた場合の分光器ユニット内の受光素子の動作を示す模式図である。

**【図 4】**

図 1 に示す研磨状態監視装置のサンプリングのタイミングを説明するための平面図である。

**【図 5】**

本発明に係る研磨状態監視装置により得られたスペクトルデータの一例を示すグラフである。

**【図 6】**

本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、膜厚とスペクトル近似の最小二乗誤差との関係を示すグラフである。

**【図 7】**

本発明に係る研磨状態監視装置においてパルス点灯光源を用いた場合の計測点を示す平面図である。

**【図 8】**

本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる重み関数を説明するためのグラフである。

**【図 9】**

本発明に係る研磨状態監視装置において連続点灯光源を用いた場合のサンプリング点を示す平面図である。

**【図 1 0】**

本発明に係る研磨状態監視装置においてサンプリング周期を調整する工程を示すフロー図である。

【図 11】

本発明に係る研磨状態監視装置におけるサンプリング周期の調整を説明するための平面図である。

【符号の説明】

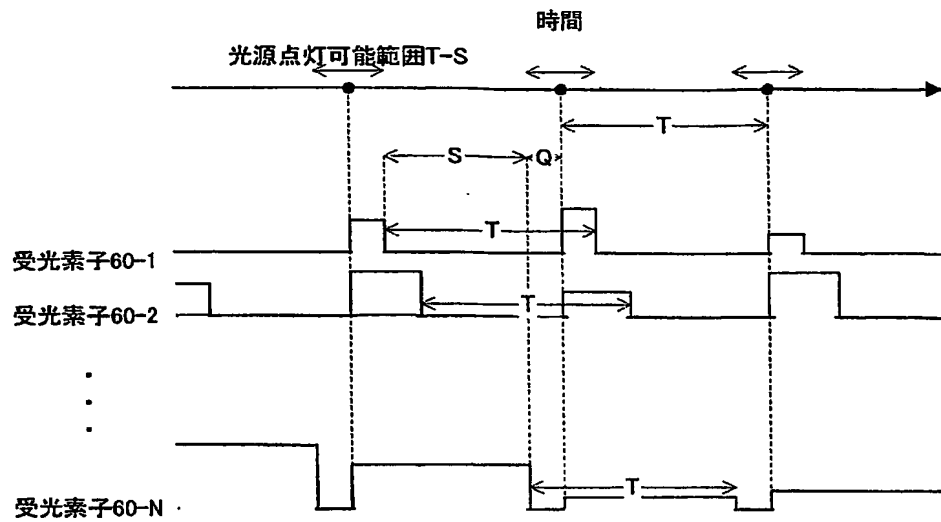
- 10 研磨布
- 12 研磨テーブル
- 14 トップリング
- 16 研磨液供給ノズル
- 18 トップリングシャフト
- 20 研磨状態監視装置
- 22 透光部
- 30 光源
- 32 発光光ファイバ
- 34 受光光ファイバ
- 36 分光器ユニット
- 40 制御部
- 42 電源
- 44, 46 ケーブル
- 48 演算部
- 50 近接センサ
- 52 ドグ
- 60-1 ~ 60-N 受光素子
- C<sub>W</sub> ウェハの中心
- C<sub>L</sub> 透光部の中心
- C<sub>T</sub> 研磨テーブルの中心
- L<sub>T-W</sub> ウェハ中央線
- Q 研磨液



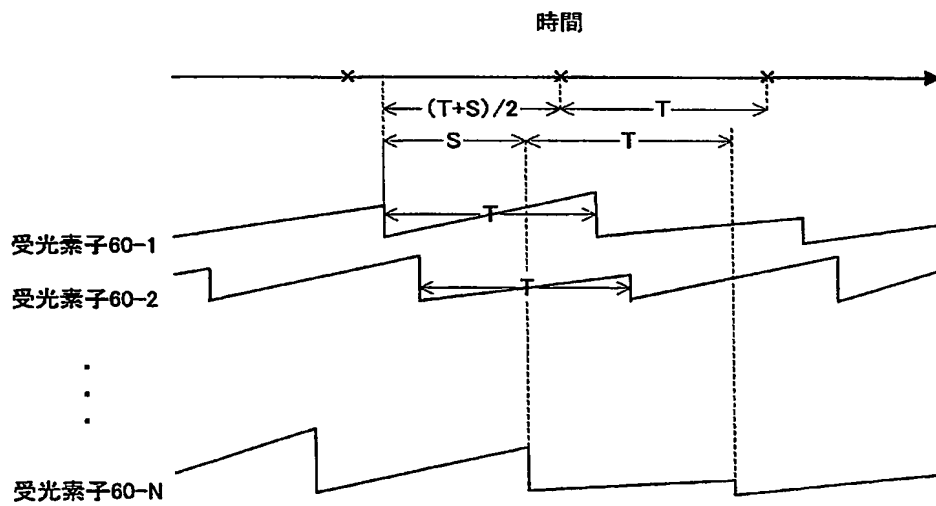
W 半導体ウェハ（研磨対象物）



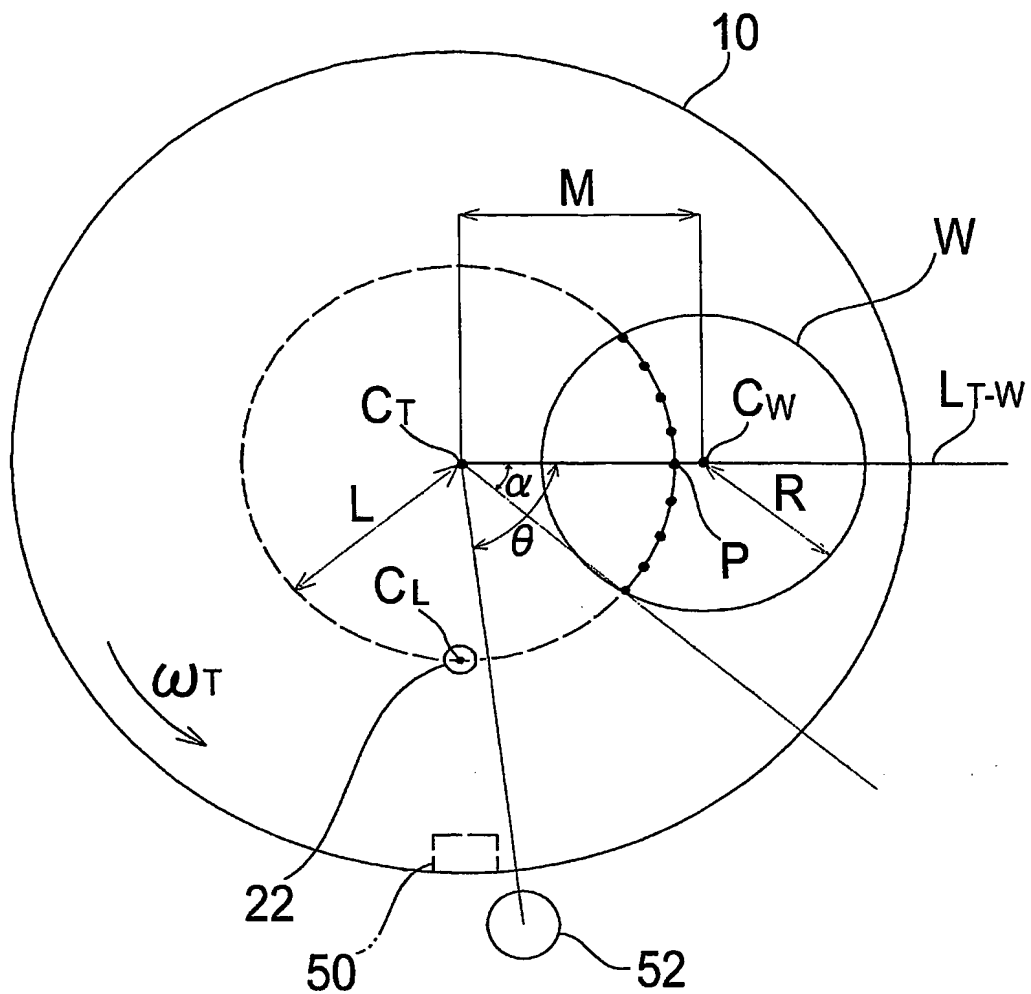
【図 2】



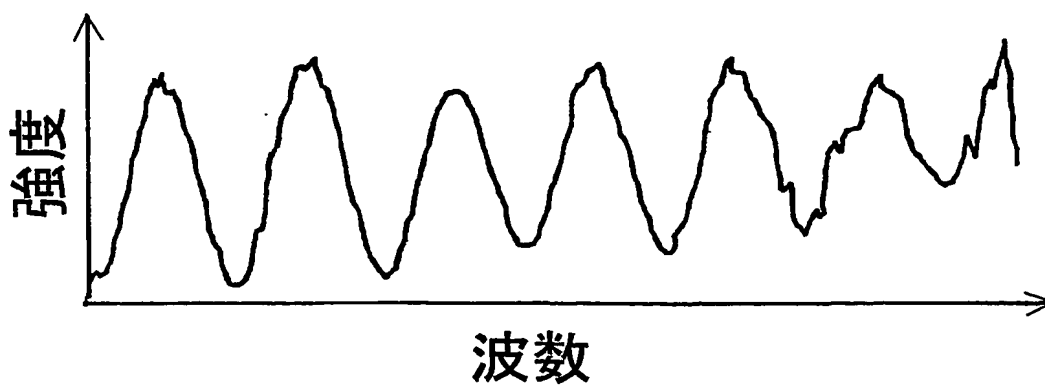
【図 3】



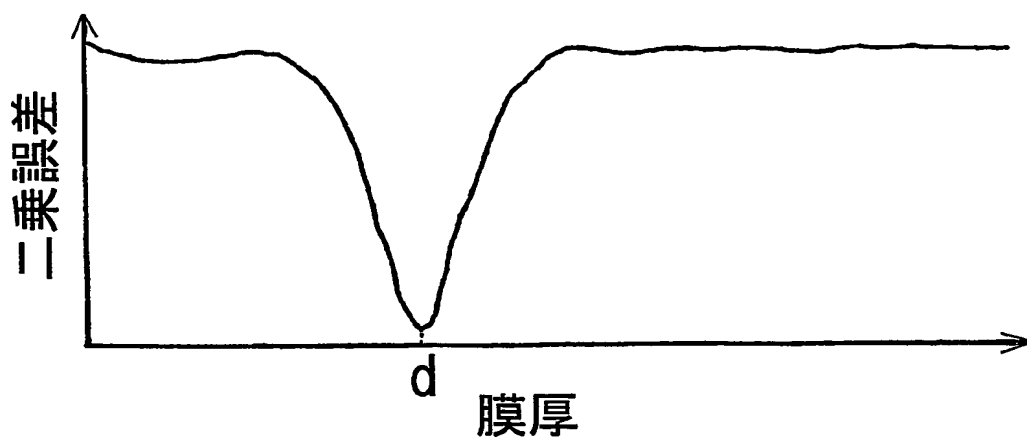
【図 4】



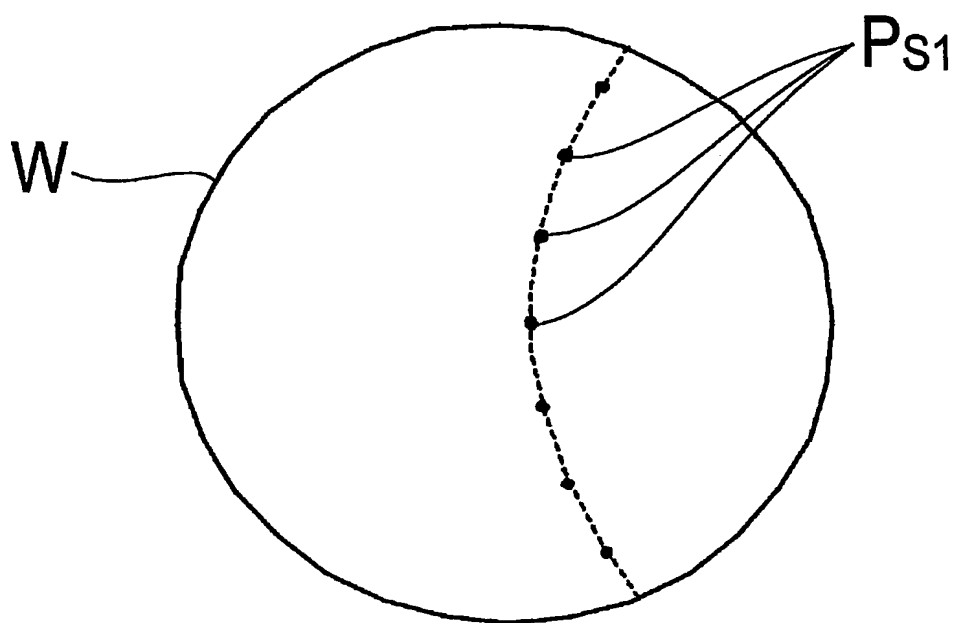
【図 5】



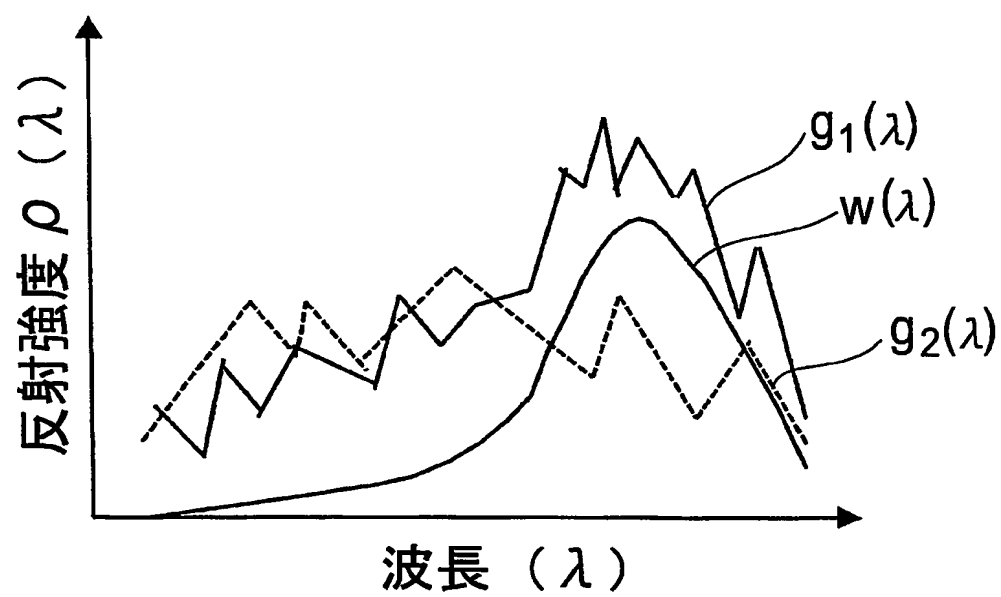
【図 6】



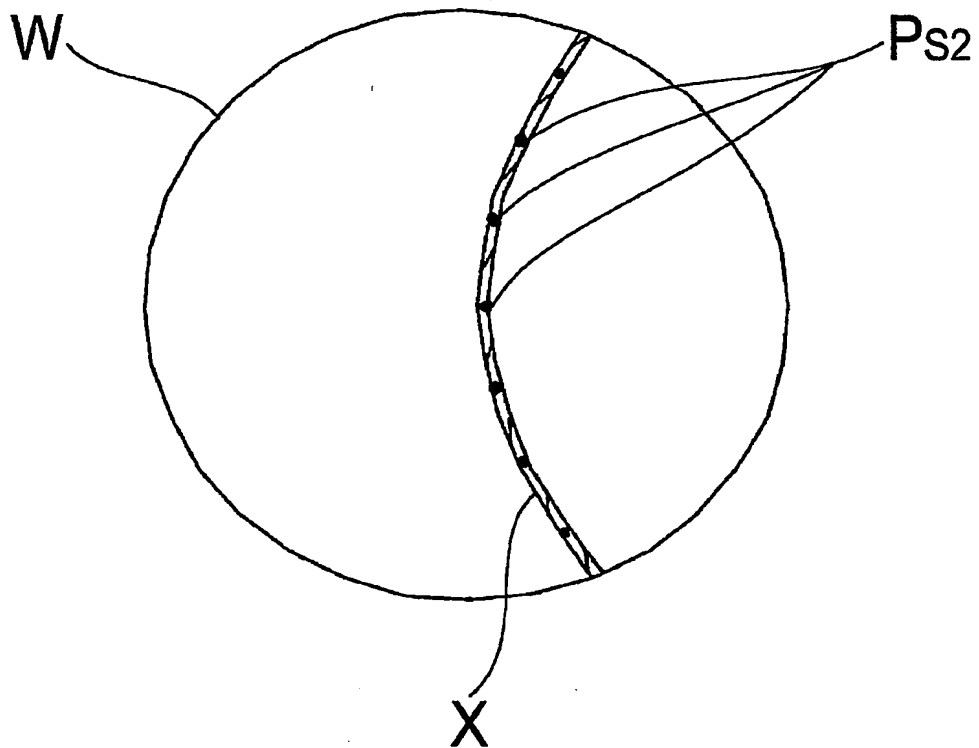
【図 7】



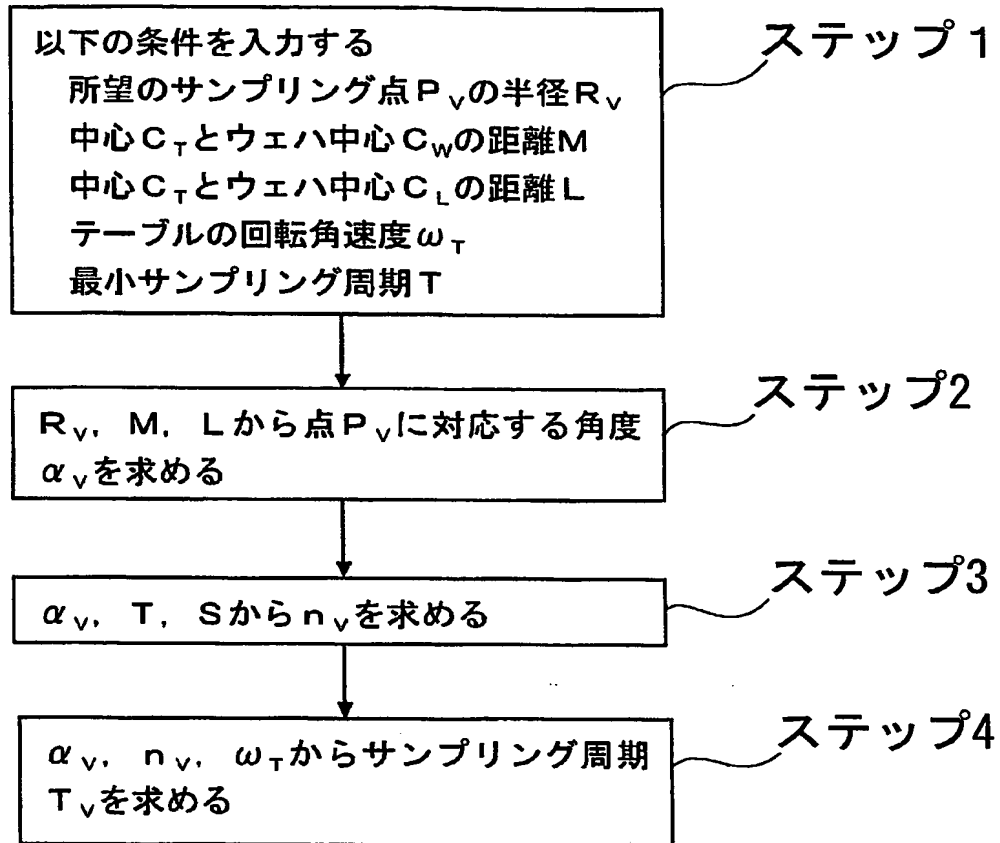
【図 8】



【図 9】

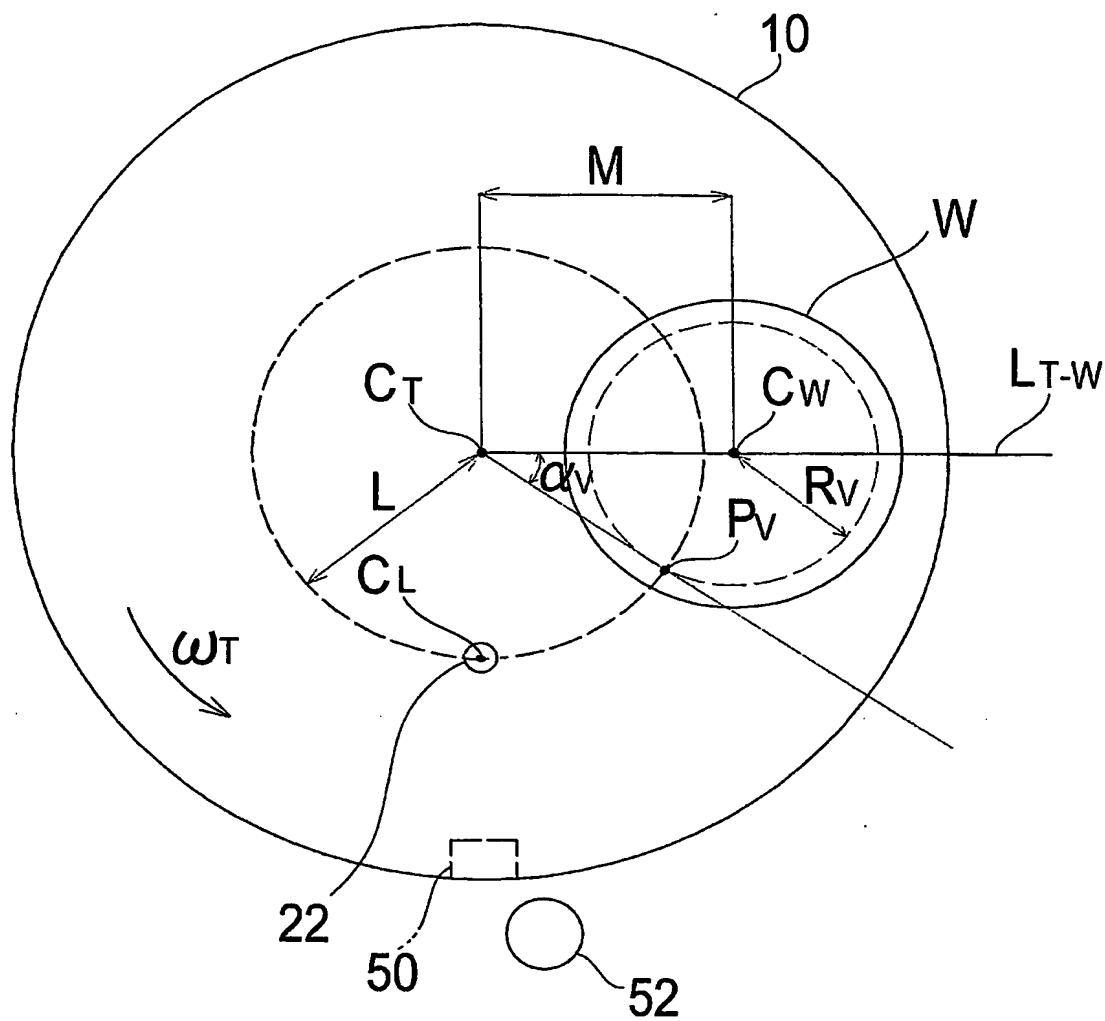


【図 10】





【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 研磨中の研磨対象物の被研磨面上の膜の状態を精度よく、かつ、安価に測定することができる研磨状態監視装置を提供する。

【解決手段】 光源 30 と、光源 30 からの光を半導体ウェハ W の被研磨面に光を照射する発光光ファイバ 32 と、ウェハ W の被研磨面からの反射光を受光する受光光ファイバ 34 と、受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、分光された複数の波長の光を電気的情報として蓄積する受光素子と、受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、研磨テーブル 12 の回転に同期した所定のタイミングで受光素子によるサンプリングを行う制御部 40 と、スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータに基づいて、ウェハ W の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部 48 とを備えた。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 0 3 6 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 2 3 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所

特願 2 0 0 2 - 3 0 3 6 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 9 9 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地  
氏 名 株式会社島津製作所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**